

Pembuatan Prototip Alat Ukur Tebal Film Tipis untuk Aplikasi Divais Optik (Tuti Aryati D, Jajat Yuda Mindara, dan Sri Suryaningsih)

PEMBUATAN PROTOTIP ALAT UKUR TEBAL FILM TIPIS UNTUK APLIKASI DIVAIS OPTIK

Tuti Aryati D, Jajat Yuda Mindara, dan Sri Suryaningsih
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

ABSTRACT

Stylus-Elektromekanis merupakan salah satu metoda dalam pengukuran tebal profil film tipis, yang memanfaatkan transducer Linier Variable Deference Transformer (LVDT). Untuk menerapkan metoda tersebut diperlukan suatu instrumentasi yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunaknya. Perangkat keras akan mengolah fluktuasi sinyal analog, akibat gerak stylus diatas sampel film tipis, yang dikopel pada ferit sebagai inti transducer LVDT, dan mengubahnya menjadi sinyal digital. Selanjutnya sinyal digital ini direkam ke dalam komputer melalui fasilitas akusisi data. Perangkat lunak dirancang untuk melakukan akusisi data, mengolahnya, berikut intepretasi kuantitatifnya. Oleh karenanya sistem instrumentasi pengukur tebal profil film tipis ini dibuat dilengkapi pula dengan berbagai submenu yang diperlukan, sehingga seluruh proses mulai dari akusisi data sampai dengan intepretasinya dapat dilakukan secara in situ. Dalam riset ini, didesain untuk sensitifitas optimalnya $2,5\text{mV}/1,5\mu\text{m}$. Alternatif untuk meningkatkan sensitivitas yaitu merubah panjang kumparan menjadi 1-mm, dengan ini akan didapat sensitivitas optimal $2,5\text{ mV}/0,5\mu\text{m}$. Cara ini masih terus diuji coba.

Kata Kunci : Prototip, tebal film tipis, divais optik

PROTOTYPE DESIGN OF THIN FILM INSTRUMENT FOR OPTIC DEVICE APLICATION

ABSTRACT

Electro-mechanic stylus represents one method in measuring profile thickness of a thin-film structure, which exploit Linear Variable Difference Transformer (LVDT). A specific instrument, both hardware and software, should be constructed to apply this method. The hardware role is to process the analog signal fluctuation, as the result of the stylus movement upon the thin-film sample, which will then coupled to the ferrite as the core of the LVDT transducer, and will be transformed into digital signal. Furthermore, this digital signal will be recorded into the computer memory through a data acquisition facility. The software is considerably designed to perform the data acquisition and process, including its quantitative interpretations. Therefore, the construction of this measuring instrument system

for thin-film profile thickness is prepared with various required submenus, with the result that the whole process starting from data acquisition up to interpretation could be realized *in situ*. In this research the sensitivity of the system is designed to the level of 2.5mV/0.5 μ m by changing the length of coil to 1 mm. This method will be tested continuously to reach the optimum sensitivity

Keywords: Prototype, thin film, optic device

PENDAHULUAN

Pengembangan Teknologi fim tipis bahan elektronik dari material anorganik atau dari organik serta aplikasinya sangat cepat dan hasilnya dapat diprabrikasi antara lain film tipis untuk aplikasi devais optik. Pengembangan tersebut dilakukan karena memiliki prospek dalam bidang elektronik telekomunikasi, juga mencari alternatif bahan elektronik teknologi film tipis. Parameter besar tebal film tipis salah satu besaran yang mempengaruhi karakteristik film tipis sehingga besaran ini perlu diukur setelah bahan itu terbentuk. Selain itu Laboratorium Fisika Material Unpad sedang mengembangkan teknologi film tipis sebagai devais elektronik/optik sehingga memerlukan pengukuran tebal film tipis tersebut, oleh karena itu perlu merancang bangun Instrumentasi pengukur tebal profil film tipis dengan metoda perubahan posisi dari gerakan stylus – ferit dalam transduser LVDT sepanjang permukaan bahan film tipis dalam orde mikrometer.

Mendesain pengukur tebal profil film tipis dengan metoda perubahan posisi dari gerakan stylus – ferit dalam transduser LVDT (Chi 2001) sepanjang permukaan bahan (Film tipis) , sinyal keluaran transduser merupakan fluktuasi tegangan sinyal listrik kemudian dikondisikan dengan rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari pembangkit sinyal AC, pengubah sinyal searah, penguat, yang mana tegangan keluaran sesuai dengan tegangan referensi dari rangkaian ADC dan filter untuk mengurangi noise yang terjadi, untuk merekam data dalam computer menggunakan rangkaian antarmuka ADC dengan memilih resolusi, validitas data dan aksesnya cukup mudah . Dalam hal ini dipilih konversi dengan sifat linier, dengan jumlah bit yang besar dan tegangan referensi yang kecil, akses start dan konversi serta tampung data harus dikontrol.

Perangkat lunak untuk akusisi data perlu diperhatikan bagaimana perangkat lunak ini dibuat supaya mudah diperbaiki, dikembangkan dan hasil eksekusi mudah dipahami oleh pengguna. Dalam hal ini perangkat lunak dibuat harus terstruktur dalam prosedur, submenu rekam data profil , proses seting nol, konversi data, visualisasi hasil ukur dalam submenu rekam data harus informatif mudah dianalisa dan dipahami

Pembuatan prototip ini dilakukan pengujian instrumentasi yaitu Pengujian linieritas tegangan selisih dua kumparan terhadap perubahan posisi stylus dalam LVDT. Uji linieritas ADC dan visualisasi grafik profil film tipis pada monitor.

METODOLOGI

Metodologi riset desain berdasarkan perumusan masalah dan tujuan. Riset bertujuan mendesain sistem pengukuran tebal profil film tipis berbasis komputer, untuk dapat terealisasi berdasarkan keberadaan anggaran, waktu, tempat, komponen dan peralatan uji, disusun langkah penyelesaiannya:

Berdasarkan tinjauan pustaka, mendeskripsikan sistem yaitu diagram blok, prinsip kerja, rumusan transformasi dan konversi data serta penskalaan, langkah ini perlu dilakukan, karena grafik profil tebal film tipis dan nilai kuantitatifnya akan divisualisasikan pada layar monitor komputer, maka rumusan skala pixel diperlukan. Berdasarkan deskripsi, didesain perangkat keras dan perangkat lunaknya. Perangkat keras meliputi konstruksi pengukuran, pengkondisi sinyal, dan perantara ADC. Perangkat lunak meliputi algoritma, pengukuran, set-nol, rekam dan data base. Dari hasil desain selanjutnya disusun kebutuhan bahan dan peralatan serta prosedur pengujian subsistem dan integrasi.

Waktu pelaksanaan riset 8-bulan. 4-bulan pertama strateginya sistem minimal dapat dibangun, pelaksanaan meliputi pekerjaan konstruksi, pengujian karakteristik transducer, pengkondisi sinyal, akuisisi data. Untuk perangkat lunak meliputi desain algoritma, pemilihan bahasa program, buat program visualisasi numerik grafis, dan data base. 4-bulan terakhir perbaikan khususnya pada subsistem transducer dan pengkondisi sinyal untuk meningkatkan sensitivitas, resolusi, respon dan linieritasnya. Tempat pelaksanaan di Laboratorium Instrumen Fisika Unpad Jatinangor, Laboratorium workshop Fisika Unpad Bandung, Toko komponen elektronik dan bahan konstruksi Bandung.

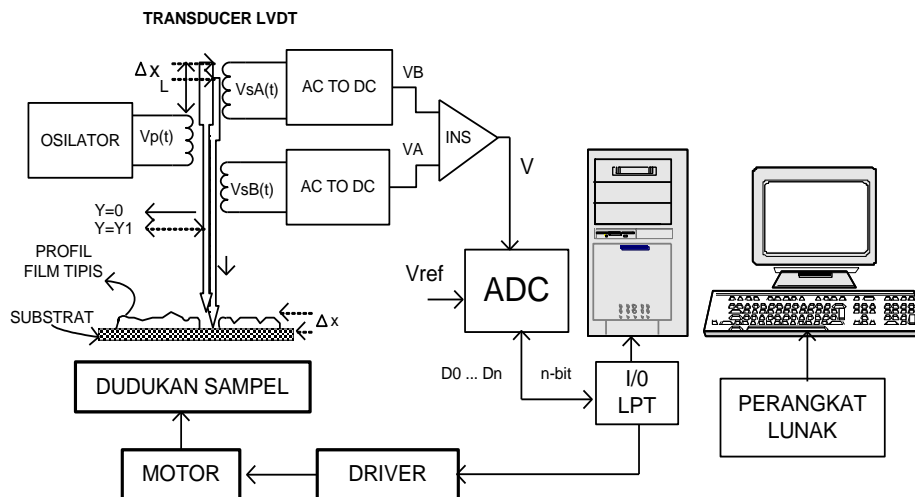
Kebutuhan bahan komponen dan peralatan uji dalam riset terdiri dari: Screen layout, Printed Circuit Board, komponen Stylus, Transducer LVDT, Resistor, kapasitor, IC-Opamp, ADC, IC-Gate, komponen catu daya, komponen pendukung konstruksi, komponen pendukung pengujian, dan Perangkat Lunak (Compiler bahasa pemrograman). Peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan riset terdiri dari: Toolset, Mesin konstruksi, Komputer IBM PC dan Compiler Pascal, Delphi, Generator sinyal, Power supply standar, Oscilloscope, Multitester Analog dan Digital.

Perumusan Desain

Desain sistem pengukuran tebal profil film tipis berbasis komputer, diagram bloknnya ditunjukkan pada Gambar 1. prinsipnya tebal profil film tipis divisualisasikan grafik pada layar monitor secara in situ, dengan ini garis skala profil harus mengacu pada transduce, pengkondisi sinyalnya dan perantara ADC. subsistem analog meliputi Transducer LVDT dan pengkondisi sinyal untuk mengubah variasi tebal profil film ke tegangan analog dengan subbrangkaian osilator, penyearah, penguat dan penapis. perumusaan transformasi dan konversi variasi tebal profil (x) ke tegangan secara empirik, dapat diturunkan,

$$V(t) = +\alpha.k.\Delta x(t) \quad (1)$$

Sesuai tinjauan pustaka, transducer LVDT (Chi 2001) terdiri dari 1-lilitan primer dan 2-lilitan sekunder serta inti pada rongga lilitan. Dengan osilator eksitasi dililitan primer, keluaran selisih tegangan sekunder besarnya sebanding dengan perubahan posisi inti.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pengukuran Tebal Profil Film Tipis Berbasis Komputer

Dalam hal ini, inti dari bahan ferit disambungkan ke stylus sebagai peraba profil permukaan film tipis., dengan kata lain pengukuran tebal profil film tipis pada substrat dengan transducer LVDT prinsipnya mengukur fluktuasi sinyal listrik dari pergerakan stylus. Dari rumusan transducer LVDT, dan dengan desain pengkondisian sinyal, untuk $k=1$, dapat diturunkan,

$$V(t) = \frac{\omega V_m N^2 A}{R_p \ell} . c . x(t) \quad (2)$$

Persamaan (2) adalah tegangan analog sebanding dengan tebal profil, bergantung pada parameter osilator yaitu frekuensi sudut osilator (ω) tegangan maksimum (V_m) dan hambatan masukan (R_p), serta geometri kumparan yaitu jumlah lilitan (n), panjang kumparan (ℓ) dan luas penampang kumparan. Konstanta c adalah faktor pembandingan permeabilitas fungsi dari posisi ferit dalam hal ini terjadi perubahan

permeabilitas udara dan ferit, maka nilai c adalah perbandingan permeabilitas ferit dan udara (Wobschall 1987, Cooper 1990). Dengan menghitung dan memilih parameter eksitasi dan geometri: dengan tegangan maksimum $V_m=5\text{Volt}$, Frekunsinya $f=50\text{KHz}$ ($\omega = 2\pi f = 314159\text{Hz}$). Hambatan masukan lilitan primer $R_p=100\Omega$, Panjang lilitan $\ell = 3\text{mm} = 0.003\text{meter}$. Jumlah lilitan $n=500$. Luas penampang $A=0.000012566\text{m}^2$ (jejari lilitan 2 mm). $c=80,63$ (ferit dililih sekitar $\mu = 500 \cdot \mu_0$ dimana μ_0 permeabilitas udara. Berdasarkan pemilihan parameter, maka persamaan (2) dengan $k=1$ adalah,

$$V(t) = 1666.69 x(t) \quad (3)$$

dalam hal ini gerak posisi stylus-ferit ($+0.003\text{m} > \Delta x > -0.003\text{m}$) tanda negatif menyatakan ferit arah kebawah dan positif arah keatas. Pemilihan $k=10$, dalam hal ini gerak posisi stylus-ferit pada daerah ($+0.0003\text{m} > \Delta x > -0.0003\text{m}$) didapat,

$$V'(t) = 16666,9 x(t) \quad (4)$$

Subsistem digital prinsipnya sebagai pengkonversi analog ke data digital, meliputi penggerak sampel, perantara ADC (Maxim 1997) dan perangkat lunaknya. Berbasis komputer didasarkan pada pemikiran bahwa sampling data ukur sepanjang sampel, diplot berupa grafik garis yang menyatakan variasi pergerakan stylus LVDT pada profil sampel diatas substrat. Nilai ketebalan diukur dari beda garis akibat Stylus melalui permukaan sampel dan substrat yang digores, harus diproses diolah secara in-situ. Konversi tegangan sebagai fungsi dari perubahan gerak stylus ke data digital, sesuai dengan perumusan konversi ADC n-Bit modus bipolar dengan tegangan referensi V_{ref} adalah,

$$D_0(t) \cdot 2^0 + D_1(t) + \dots + D_n(t)2^n = \sum_{m=0}^n D_m(t) \cdot 2^m = \frac{(2^n - 1)}{|2 \cdot V_{ref}|} (V_{ref} + V(t)) \quad (5)$$

Selanjutnya data biner tersebut melalui perantara (I/O) masuk masuk ke komputer dengan pengalamatan, ditampung dalam variabel Data [t] bilangan bulat sesuai dengan deklarasi tipe data dalam perangkat lunaknya. Dengan pemilihan $n=16$ bit dan tegangan referensi $V_{ref}=5\text{ Volt}$, maka dari persamaan (.3) dan (.5) Data sebagai fungsi dari gerak stylus adalah,

$$Data(t) = (32767 + 10922657,67 \cdot x(t)) \quad (6)$$

Data(t) sebagai fungsi dari gerak stylus, dengan menggunakan perangkat lunak modus grafik, dapat diplot berupa garis pada layar monitor. Untuk menampilkan nilai $x[t]$ dari Data(t) perumusannya,

$$x(t) = \frac{(Data(t) - 32767)}{10922657,67} \quad (7)$$

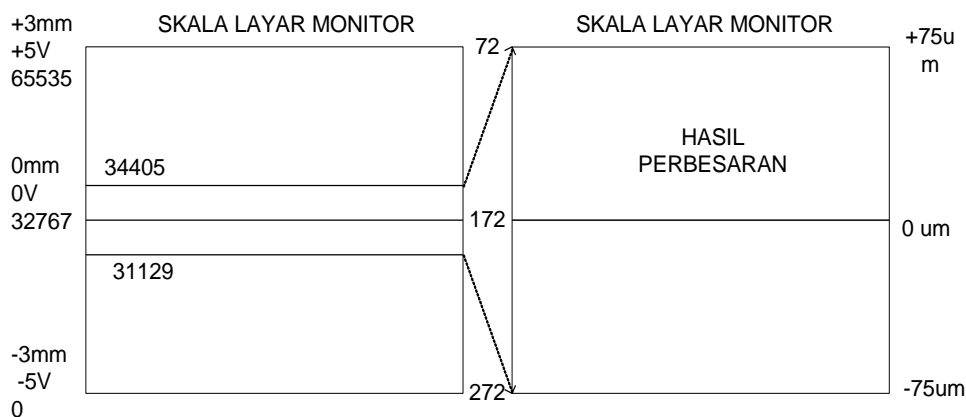
Berdasarkan persamaan (3) dan persamaan (6), contoh untuk perubahan variasi-x dari (7,5,0,-7,5) μm , hasil hitungan untuk tegangan, konversi ADC dan posisi pixel ditunjukkan pada Tabel.1. Dalam tabel skala-nol pada layar monitor pada pixel ke-172 untuk skala monitor (640x480) pixel. Posisi skala normal pada layar monitor dan untuk perbesaran ditunjukkan pada Gambar 2. Dalam hal ini menggunakan 200 Pixel, dengan skala 0 pada pixel-172.

Dari hasil penskalaan dan perhitunga diatas, untuk visualisai pada Grafik fluktuasi gerak stylus pada layar monitor, dengan bahasa pascal statementnya: `Line(t,Y[t],t+1,Y[t+1])`, dalam bahasa pascal statement `Y[t]` adalah,

$$Y[t] = 272 - \text{Round}((200/65535) * \text{DataIn}[t]); \quad (8)$$

Dimana `DataIn[t] := DataWord` dari konversi data biner 16-bit. Untuk variasi sampel bergerak pada variasi daerah 1,5 μm , tentunya visualisasi grafik akan kecil, untuk ini diperlukan proses perbesaran. Bila kondisi hasil rekam sesuai ditunjukkan pada Gambar 2, maka untuk perbesaran 40 kali maka `DataIn[t]` harus ditransformasi ke persamaan,

$$\text{DataIn}[t] := (\text{DataWord} - 31948) * 40; \quad (9)$$



Gambar 2. Penskalaan Grafik pada Layar monitor

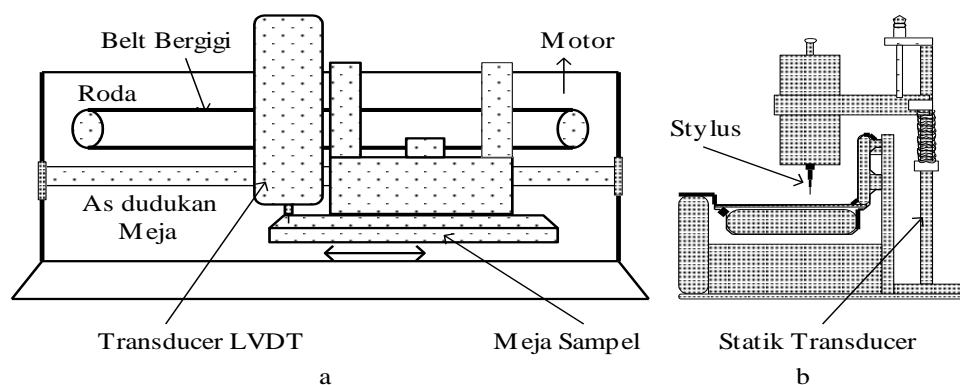
Tabel 1. Penskalaan Layar Monitor

X (μm)	Vo (Volt)	Data	Data (Zom)	Pixel (CRT)
7.5	0.012500	32849	36041	162
6.0	0.010000	32833	35385	164
4.5	0.007500	32816	34730	166
3.0	0.005000	32800	34075	168
1.5	0.002500	32783	33419	170
0.0	0.000000	32767	32764	172
-1.5	-0.002500	32751	32108	174
-3.0	-0.005000	32734	31453	176
-4.5	-0.007500	32718	30797	178
-6.0	-0.010000	32701	30142	180
-7.5	-0.012500	32685	29487	182

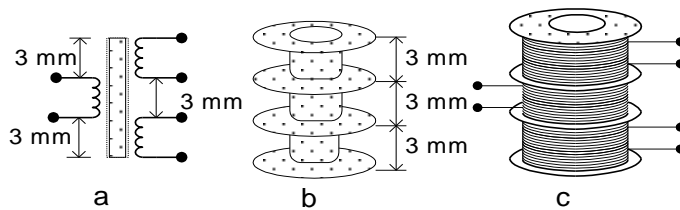
Perangkat Keras

Desain Konstruksi Pengukuran Dan Transducer LVDT

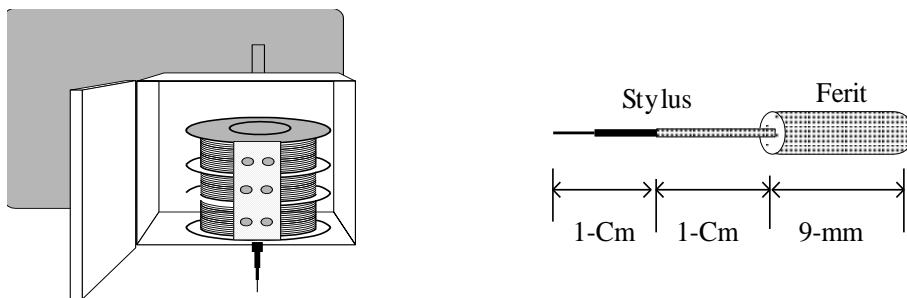
Prosedur pengukuran tebal film yang didesain permukaan film digores terlebih dahulu, stylus dan ferit diposisikan statik, yang bergerak sampel yang didudukan kontruksi sesuai Gambar 3. Meja sampel didesain panjang 8 cm lebar 5 cm, bergerak lurus menggunakan belt bergigi dengan penggerak motor stepper dan setiap step keberadaan profil garis sampel dapat direkam datanya. Gerak perstep 0,2 mm dengan kecepatan dirancang 0,1 detik, sehingga untuk panjang sampel 7 cm akan didapat 350 data profil selama 35 detik. Pengaksesan gerak motor dengan Akusisi data harus dilakukan melalui perantara yang sama, dipilih melalui LPT-IBM PC (James W 1990) agar mudah diinstalasi.



Gambar 3. Desain Konstruksi Pengukuran (a.Tampak depan, b.Tampak Samping)



Gambar 4. a. Simbol b. Tempat kumparan c. kumparan LVDT

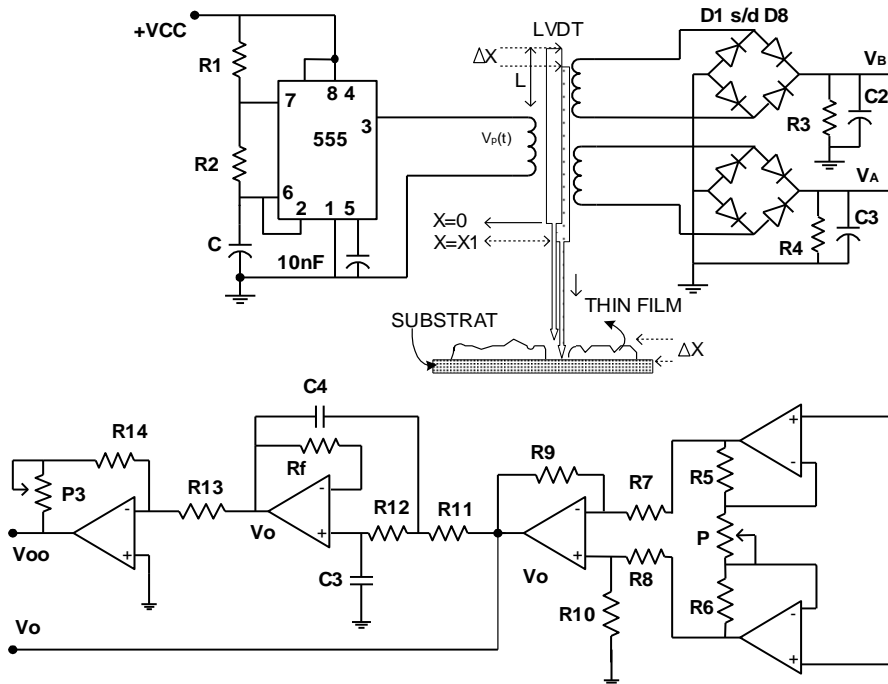


Gambar 5. a.Konstruksi LVDT b.Stylus dan Inti ferit

Desain konstruksi Transduser LVDT dan inti-stylus ditunjukkan gambar 2.4 dan Gambar 5, panjang kumparan primer dan sekunder sama 3-mm, dengan 500 lilitan dengan luas penampang 0.000012566 m^2 . Kawat kumparan dipilih dari email dengan diameter 0,08 mm. Tebal sekat antar kumparan adalah 0,8 mm. Untuk konstruksi ini inti-ferit ukuran sesuai ditunjukkan gambar, beratnya ditentukan 10 gram untuk menjamin tidak mengganggu keberadaan sampel.

Rangkaian pengkondisi sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal. (Wobschall 1987, Cooper 1990), ditunjukkan Gambar 6, terdiri dari: Osilator, penyearah, penguat instrumentasi, penapis lolos rendah dan penapis lolos rendah dan penguat non inverting. Rangkaian osilator untuk tegangan eksitasi LVDT menggunakan osilator Timer IC555. Sesuai rumusan frekuensi untuk frekuensi 50 KHz, didapat $R_1=100 \text{ Ohm}$, $R_2=20 \text{ KOhm}$, dan $C=1\text{n}2 \text{ nF}$. Rangkaian osilator ini berfungsi sebagai fungsi generator, dan juga dapat dilepas diganti dengan fungsi generator. Rangkaian penyearah berfungsi agar tegangan selisih LVDT sebanding dengan tebal profil. Penyearah menggunakan jembatan 4-dioda 1N4148 dengan tapis R_1C_1 . Untuk *ripple* $V_{rpp} = 0.1 \text{ mV}$ dengan $V_p=5\text{V}$, didapat $R_{3,4} = 1 \text{ MOhm}$, $C_{2,3} = 100 \text{ nF}$. Dengan waktu respon output sekitar 0,1 detik.

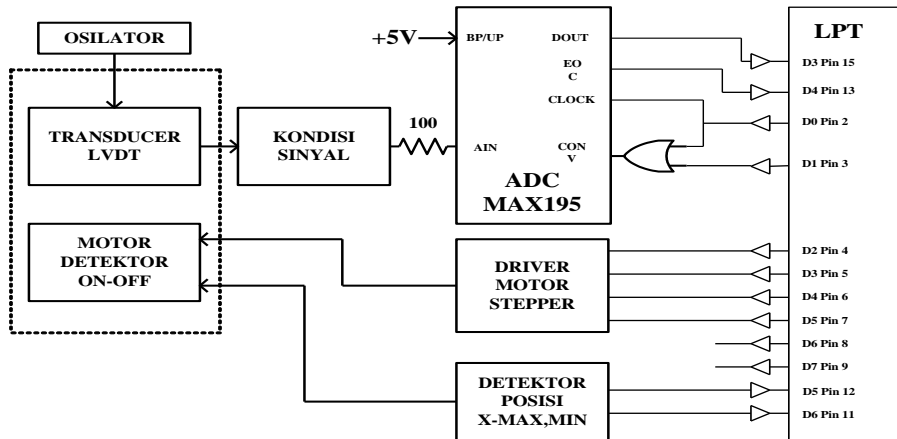


Gambar 6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Sebagai penguat pertama menggunakan penguat instrumentasi yang umum digunakan menggunakan tiga buah op-amp, sesuai yang telah dibahas pada tinjauan pustaka dipilih hambatan $R5, R6, R7, R8, R9, R10, P$ sama $10K\Omega$, maka besar penguatan dapat diatur dari posisi potensiometer. Penapis lolos rendah dibutuhkan, agar sinyal ke ADC sebanding dengan fluktuasi profil film tipis dan mengmetong frekuensi noise. Frekuensi cut (f_{cut}) dirancang 15 Hz , sesuai rumusan didapat $R_{11}=R_{12}=10\text{ K}\Omega$, $C_4=C_5=1\mu\text{F}$. Rangkaian penguat Non-inverting sebagai penguat akhir, untuk menguatkan 10 kali. sesuai rumusan penguatan didapat $R_{13}=10K, R_{14}=100K$ dan $P_3=20K$, maka penguatan dapat diatur antara (10 sd 12) kali. Rangkaian catu daya yang dirancang ditunjukkan, dirancang untuk dapat menghasilkan tegangan $\pm 12\text{ V}$ yang digunakan sebagai V_{cc} bagi rangkaian penguat, sedangkan tegangan $\pm 5\text{ V}$ digunakan sebagai V_{cc} bagi rangkaian Osilator. Tegangan ini diperoleh dari rangkaian jembatan dioda dengan transformator-CT 12 Volt dan 6 Volt dengan kapasitor penyearah masing-masing $4700\mu\text{F}/25\text{V}$. Untuk meregulasi tegangan stabil $\pm 12\text{ Volt}$ dan $+5\text{ Volt}$ digunakan IC regulator $7812, 7912$ dan 7805 . Yang keluaran masing-masing IC regulasi distabilkan lagi oleh kapasitor $100\mu\text{F}/25\text{V}$ dan 100nF disusun paralel

Perantara ADC

Perantara ADC yang digunakan tipe Max195, diakses melalui port LPT IBM PC, diagram blok rangkaian ditunjukkan Gambar 7. Spesifikasi desain: Masukan sinyal analog satu saluran (AIN) melalui resistor 100 Ohm. Motor Stepper dikendalikan 4-bit, pin 4,5,6,7. diakses melalui alamat 378H.



Gambar 7. Blok rangkaian ADC Max195 diakses melalui LPT IBM PC

Hasil konversi analog ke serial data biner dari ADC pada DOut, masuk ke port LPT melalui pin 15, diakses melalui alamat 379H. Proses konversi ADC (CONV) dikendalikan oleh sinyal hasil gerbang OR antara sinyal CLK dan START, dari pin 2,3 diakses melalui alamat 378H. Dan end-konversi ADC (EOC) masuk ke pin 13 diakses melalui alamat 379H (Derenzo 1990). Piranti untuk buffer digunakan tipe CMOS 4050 dan OR menggunakan tipe TTL 7432.

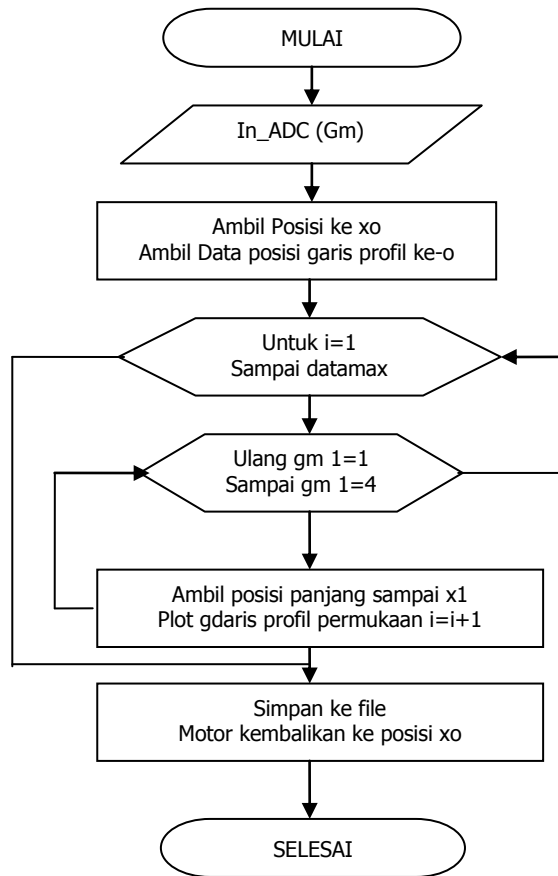
Perangkat Lunak

Perangkat lunak Menu utama pengukuran tebal profil film tipis terdiri atas: Submenu Rekam, Data, Grafik dan Keluar dari program, algoritmanya (C Barney 1990):

```

Mulai
Ulang
  Tampil Menu Utama
  q: Tekan Tombol
  Kasus q
    'R': Mulai Rekam Selesai
    'D': Mulai Data Selesai
    'G': Mulai Grafik Selesai
  Akhir Kasus
  Akhir Ulang Tombol 'K' Ditekan
Selesai
  
```

Submenu Rekam berfungsi pengoperasian menggerakkan menu sampel dan merekam data tebal profil film tipis, serta menyimpan data dalam file. dan diagram alir masing –masing sub menu dapat dilihat pada gambar 8,9,10.



Gambar 8. Diagram alir sub menu rekam

Algoritma untuk In-ADC (Gm) Sebagai berikut :

Prosedur In_ADC(Gm);

Mulai

(Start konversi)

Port [\$378H] ← 1+2+Gm; Port [\$378H]←0+0+Gm;

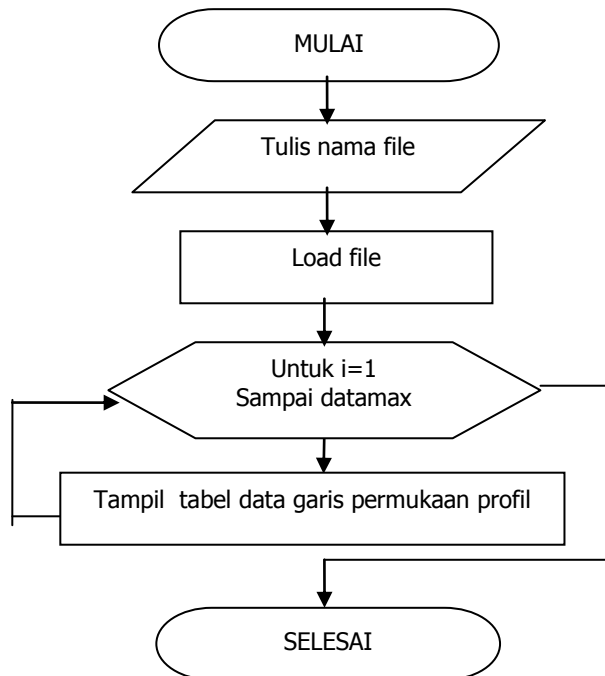
(Baca End Konversi)

Ulang

Port [\$378H] ← 1+2+Gm; Port [\$378H]←0+2+Gm;

$EOC \leftarrow (Port[\$379H] \text{ AND } 16) \text{ SHR } 4;$
 Akhir ulang $EOC = 1$
 (Ambil data serial 16 bit D0 s/d D15 ubah ke data word)
 $Dataword \leftarrow 0$
 Ulang mulai $n \leftarrow 15$
 $Port[\$378H] \leftarrow 0+2+Gm; Port[\$378H] \leftarrow 1+2+Gm;$
 $D0 \leftarrow (Port[\$379H] \text{ AND } 8) \text{ SHR } 3;$
 $Dataword = Dataword * 2 + D0$
 Akhir ulang $n \leftarrow 0$
 (Ubah ke tegangan): $Teg_Bi \leftarrow (5/32767) * (Dataword - 32767)$
 (Ubah ke ketebal profil Y): $Y \leftarrow (3/5) * Teg_Bi$ (Dalam mm Untuk Penguatan-1)
 Selesai

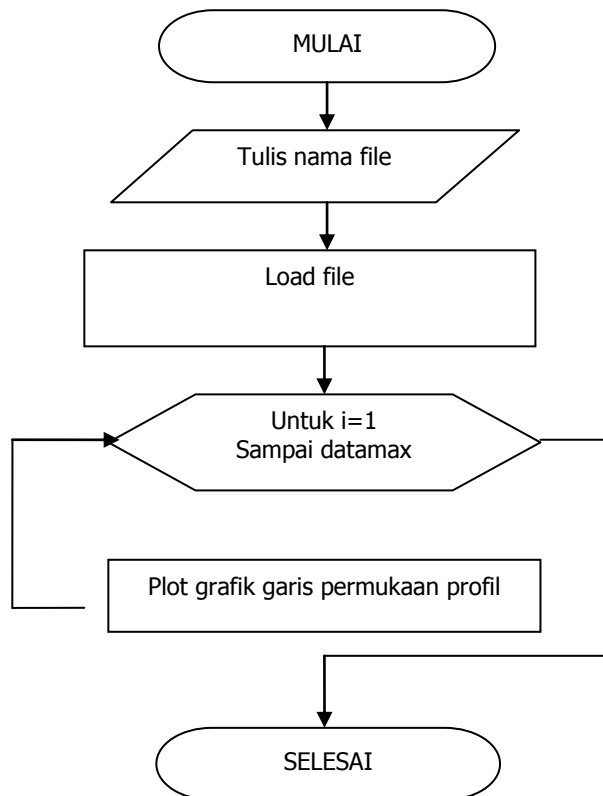
Submenu Data untuk menampilkan data angka garis profil permukaan plat pada layar monitor dari data yang telah disimpan pada File. Diagram alir dapat pada gambar 3.



Gambar 9. Diagram alir sub menu data

Submenu Grafik berfungsi untuk mengulang tampil grafik tebal profil film tipis pada layar monitor dari data yang telah disimpan pada File. Diagram alir seperti pada Gb 3.

Dan Submenu Keluar berfungsi untuk Keluar dari program utama.

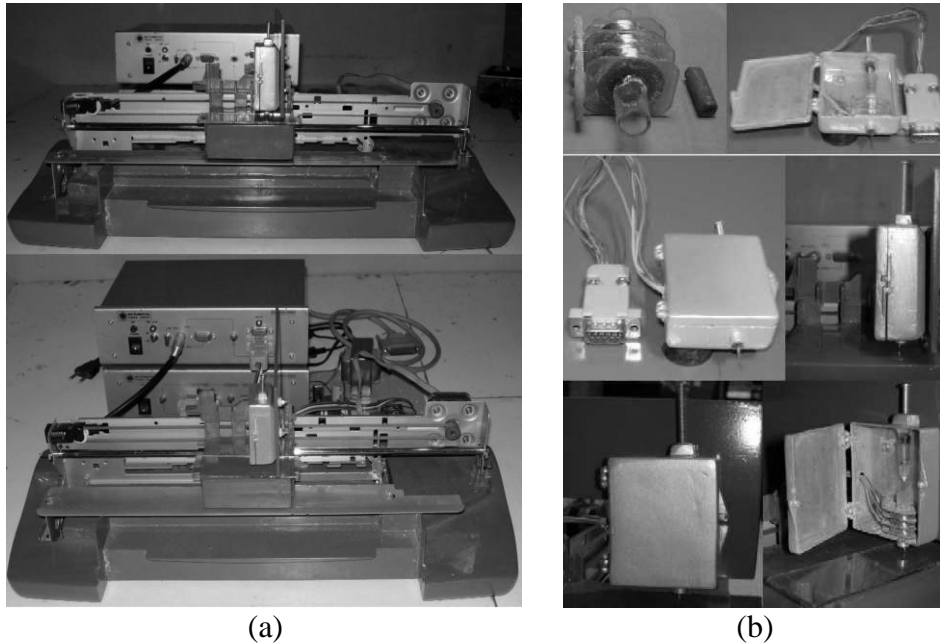


Gambar 10. Diagram alir sub menu Grafik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe

Riset bertujuan untuk mendesain sistem pengukuran tebal profil film tipis berbasis komputer, realisasinya adalah prototipe, ditunjukkan Gambar 11a,b. Pada gambar (b), kiri atas gulungan LVDT dengan panjang kumparan (3x3mm) dan ferit. Kanan atas LVDT dan stylus padaudukannya dikemas keadaan terbuka. Gambar tengah bawah perkabelan dengan soket dB9, tengah kanan dan bawah kiri kedudukan transducer pada statik.



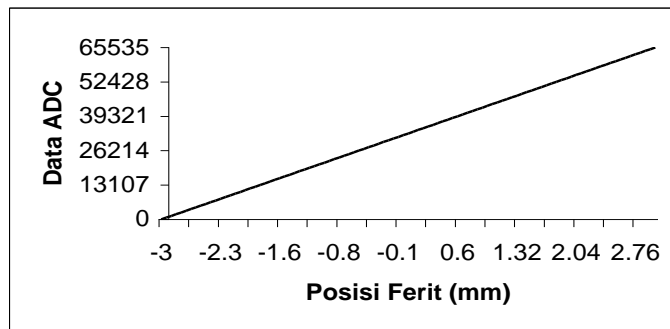
Gambar 11. a.Prototipe Konstruksi Pengukur Sampel b.Wujud Fisik Transducer LVDT Berbagai Posisi.

Pada gambar (b) Transducer-stylus dan meja sampel. Fungsi tombol Box Pengkondisi Sinyal dan ADC, lengkapnya pada laporan akhir. Prosedur pengukuran sampel maksimum berukuran 8-cm, digores terlebih dahulu, didudukan pada meja sampel.

Pembahasan Karakteristik subangkaian

Untuk masing-masing subsistem sebelum diintegrasikan dan uji coba pengukuran, karakteristiknya diuji. Sesuai dengan prosedur pengujian, karakteristik linier diuji dengan statistik korelasi dan regresi linier. Pengujian karakteristik subangkaian meliputi: Keluaran kumparan sekunder saat dieksitasi oleh osilator, subangkaian penyearah, Linieritas Penguat. Linieritas Transducer dengan Penguat, Linieritas dan kualitas ADC, Linieritas Transducer dengan ADC. Lengkapannya pada laporan akhir.

Uji Integrasi ADC dan Transducer, Uji ini untuk mengetahui linearitas akuisisi data dalam proses konversi data ke komputer fungsi dari bergeraknya posisi ferit



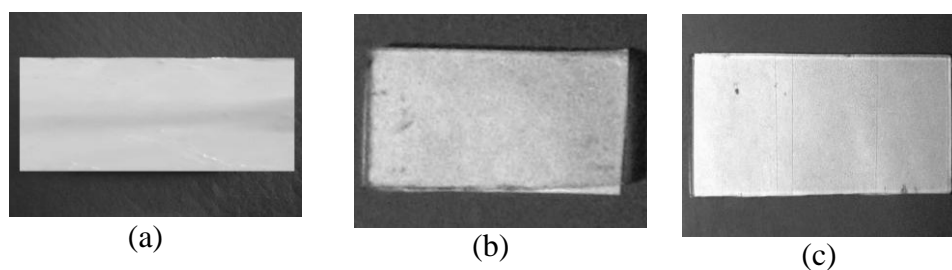
Gambar 12. Linieritas Data terhadap Posisi Ferit-x untuk penguatan-1

Pengukuran posisi ferit dengan menggunakan Mikrometer dan untuk data langsung dari layar monitor dengan linieritas grafik hasil pengukuran untuk penguatan-1. didapat persamaan $\text{Data} = 10922,67X + 32766$ dengan korelasinya r adalah 0,9897. ini menunjukkan akurasi data untuk pengukuran tebal profil linier.

Pembahasan Perangkat Lunak dan Uji coba

Pengoperasian perangkat lunak dapat menggunakan Pemrograman bahasa pascal dengan OS DOS dan dengan Delphi untuk OS Window, pengoperasian lengkapnya pada laporan akhir. Uji coba pengukuran dilakukan dengan program Pascal dan Delphi.

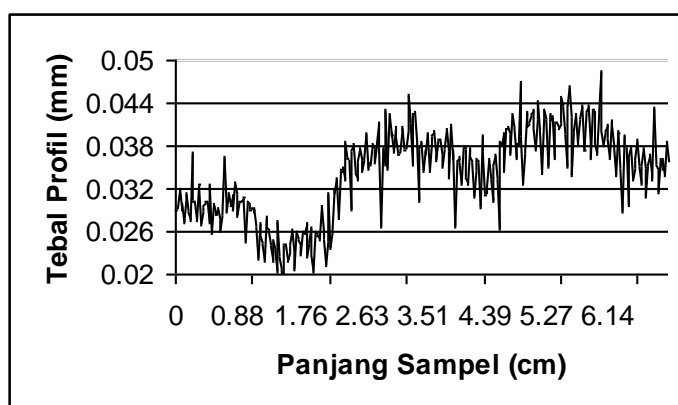
Dalam uji coba pengukuran tebal profil film sampel yang digunakan adalah sampel dari hasil percobaan fabrikasi film yang memiliki variasi ketebalan, hal ini dipilih karena sistem pengukuran didesain untuk profil tebal film. Sampel ditunjukkan Gambar 13. Untuk sampel thick film Gambar 3.4a, dengan variasi ketebalan (20-30) μm dari Telkoma Lipi Bandung dan untuk thin film organik dari laboratorium fisika material unpad Gambar 13b, variasi ketebalan (1-5) μm . Untuk sampel thin film anorganik laboratorium fisika material ITB Gambar 13c variasi ketebalan (1-10) μm . Untuk Pemrograman Pascal dalam memperbesar resolusi grafik profil tebal film dibantu paket program Excel. Untuk Delphi fasilitas visualisai dan nilai kuantitatif sudah ada submenu program. Pengukuran untuk Thick film dengan referensi variasi ketebalan (20-30) μm , ditunjukkan pada Gambar 14a,b dengan akses pascal dan excel, untuk akses delphi ditunjukkan Gambar 14c, didapat ketebalan sekitar 20 μm .



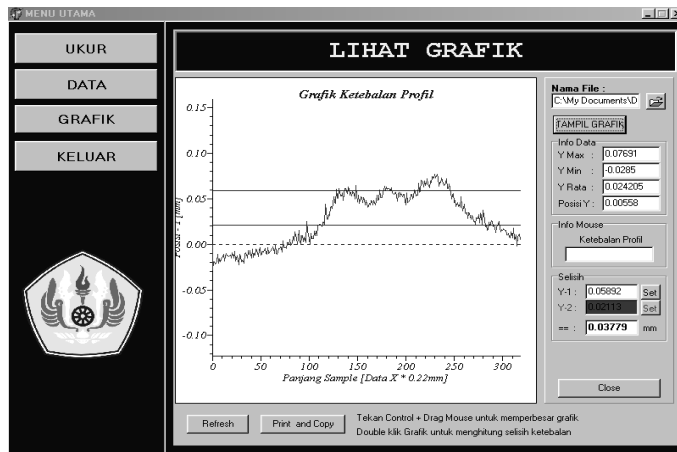
Gambar 13. a.Sampel uji thick Film (20-30) μm
b.Sampel uji thin film organik (1-5) μm
c.Sampel uji thin film anorganik (1-10) μm



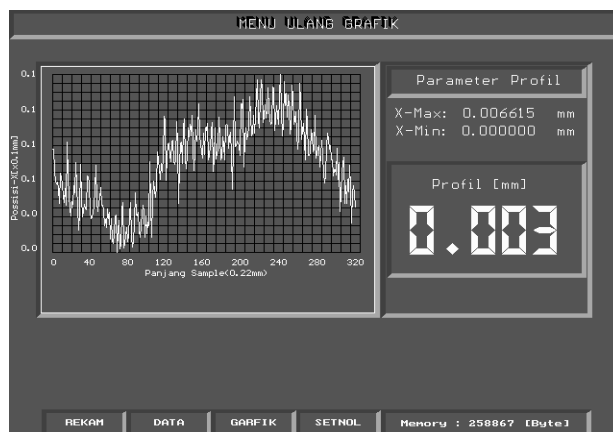
Gambar 14a. data hasil pengukuran thick film tipis 10-20 μm (sampel a dengan pascal)



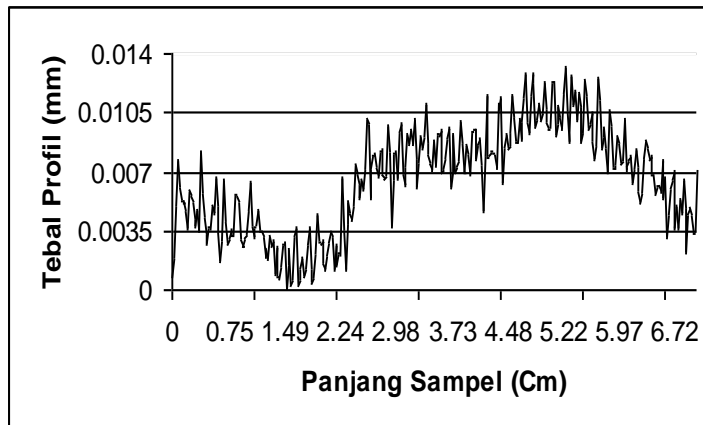
Gambar 14 b. data Hasil pengukuran thick film tipis 10-20 μm (sampel a dengan excel)



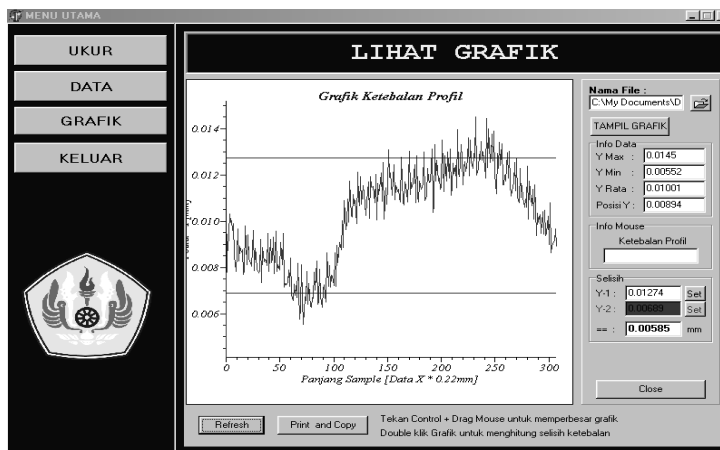
Gambar 14c. data Hasil pengukuran thick film tipis 10-20 μ m sampel (Delphi)



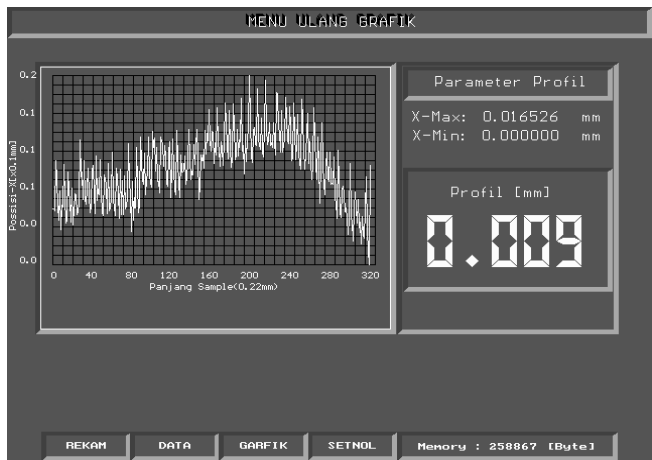
Gambar 15a. data Hasil pengukuran thin film tipis 1-5 μ m (sampel b dengan pascal)



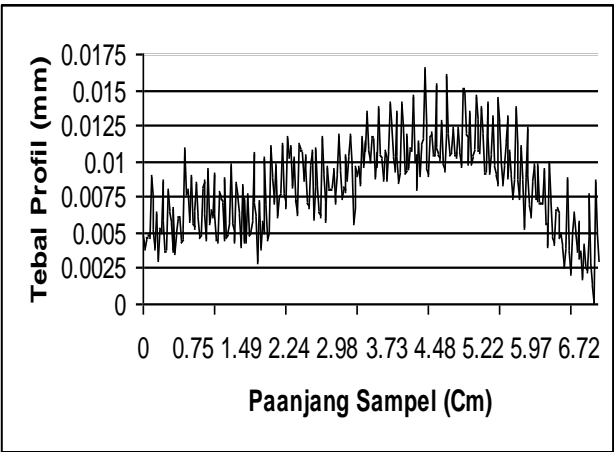
Gambar 15b. data Hasil pengukuran thin film tipis 1- 5 μ m sampel b dengan Excel



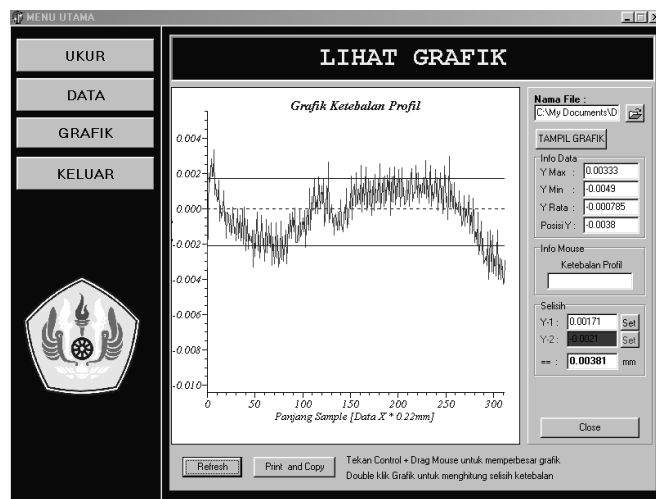
Gambar 15c. data Hasil pengukuran thin film tipis 1-5 μ m sampel b dengan delphi



Gambar 16 a. data Hasil pengukuran thin film tipis1- 10 μ m (sampel c dengan pascal)



Gambar 16 b. data Hasil pengukuran thin film tipis 1-10 μ m sampel c dengan Excel



Gambar 16 c. data Hasil pengukuran thin film tipis 1-10 μ m sampel c dengan delphi

Pengukuran untuk Thin film organik dengan referensi variasi ketebalan (1-5) μ m, ditunjukkan pada Gambar 15a,b dengan akses pascal dan excel, untuk akses delphi ditunjukkan Gambar 15c, didapat ketebalan sekitar 5 μ m. Untuk Thin film anorganik dengan referensi variasi ketebalan (1-10) μ m, ditunjukkan Gambar 16 a,b dengan akses pascal dan excel, untuk akses delphi ditunjukkan Gambar 16 c, didapat ketebalan sekitar 4.7 μ m. Dari setiap pengukuran profil tidak merata, ketebalan diukur dari fluktuasi sampel yang digores. Dan noise masih terlihat dominan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Telah didesain prototipe dan diuji coba sistem pengukur tebal profil film tipis. Sistem yang didesain menggunakan transducer LVDT, dengan prosedur pengukuran menggerakkan stylus pada inti ferit dalam transducer, sepanjang permukaan sampel. Perangkat lunak sebagai pemroses perangkat keras dan pengolah data telah dapat dijalinkan, sehingga grafik tebal profil film tipis berikut interpretasi kuantitatif telah dapat divisualisasikan pada layar monitor komputer secara in situ.

Dari pengujian karakteristik Transducer LVDT, hubungan tegangan terhadap posisi ferit didapat persamaan: $V=1661,4.X+ 0,0098$ dengan koefisien korelasi $r = 0.9996$. Hal ini menunjukkan Transducer Linier. Dari hasil uji coba untuk

perubahan tegangan 0,05 Volt didapat resolusi $30\mu\text{m}/0,05\text{ Volt}$ atau $1,5\mu\text{m}/2,5\text{ mV}$. Dengan ini sensitivitas Transducer $0,05\text{ Volt}/30\mu\text{m}$ atau $2,5\text{ mV}/1,5\mu\text{m}$. Dari hasil Integrasi dengan perantara ADC, karakterisasi akusisi data terhadap posisi ferit Transducer LVDT didapat persamaan linier: $\text{Data}=10922,67X+32766$, persamaan diuji untuk perubahan $60\mu\text{m}$, didapat perubahan data $655/60\mu\text{m}$ atau $16/1,5\mu\text{m}$. Dari uji coba pengukuran sampel film tipis antara $(1-5)\mu\text{m}$, dapat daerah pengukuran $3.1\mu\text{m}$.

Kendala yang dihadapi pada saat pembuatan alat ini dalam pemilihan stylus yang cukup sensitif terhadap perubahan posisi yang relatif sangat kecil dalam orde $0,1\mu\text{m}$ sangat sulit didapat dan untuk menghilangkan noise belum baik sehingga sinyal data pada visualisasi belum terlihat baik.

Saran

Masih perlu pengembangan dalam meningkatkan resolusi, tiga alternatif untuk meningkatkan resolusi, pertama yaitu dengan merubah panjang kumparan ke 1 mm. Dengan ini akan didapat $2,5\text{ mV}/1,5\mu\text{m}$. Yang kedua digunakan penguatan 10 kali. Dengan ini akan didapat $2,5\text{ mV}/0,15\mu\text{m}$. Yang ketiga merubah resolusi ADC ke 24 bit. Dua cara pertama kendalanya untuk dalam meredam noise, hal ini masih terus diuji coba. Untuk cara ketiga masih didesain, kendalanya dalam proses pengaksesan (I/O) ke komputer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini Dibiayai Oleh Dana Research Grant Tahun-2 TECHNOLOGICAL AND PROFESSIONAL SKILLS DEVELOPMENT SECTOR PROJECT (TPSDP) BATCTH-III ADB Loan No. 1792-INO oleh karena itu kami mengucapkan terimakasih atas bantuan dana sehingga terlaksananya penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

AD Maxim 195, Maxim Integrated Product 1997.

Conffran, James W, *The IBM Connection*, Sybex Inc., 1990.

Darold Wobschall, *Circuit Design For Electronic Instrumentation*, Mc.Graw-Hill.Inc, 1987

Derenzo, *Interfacing*, Prentice Hall Inc., 1990.

Deden Rodiyana, *Desaian Pengkondisi sinyal*

Dadan Sutandi, *Pembuatan perangkat lunak untuk pengukur tebal film tipis*

George C barney, *intelligent Instrumentation*, 4th Ed, Prentice Hall, 1990

Maulana Ramdan, *Desain Transducer LVDT*

Stylus, Veeco Probes, Produced by nanoworld Ltd.Co

Samsu Herawan *Desain Akusisi data untuk pengukurtebal film tipis*

T Chi, *The Fundamentals of Stylus Profiling*, www.veeco.com, 2001

William D Cooper, *Electronic Instrumentation and measurement techniques* 4th Ed.,
Prentice Hall Inc., 1990